大学物理（下）总复习

考试：21.12.31（周五）14:00

答疑：12.31上午9:00-11:00，教六-203

考试内容：大学物理（下册）
（相对论：动量-能量定义和关系）

振动与波动 10+光学 30
热学 40+量子论 20

总评成绩：

平时:月考1:期中:期末=15:15:20:50

复习考试要领

0、观念上重视

合理的时间、正确的方法

1、理论上理解（理论框架+知识细节）

看书、PPT/笔记、总结

2、实践上体会（物理图像+数学处理）

选择题、思考题、作业

3、考试时规范

审题仔细、表述规范、结果检查

（量纲检验+量级估算）

振动、波动

简谐振动*

$$\frac{1}{2}mv^2+\frac{1}{2}kx^2=\frac{1}{2}kA^2$$

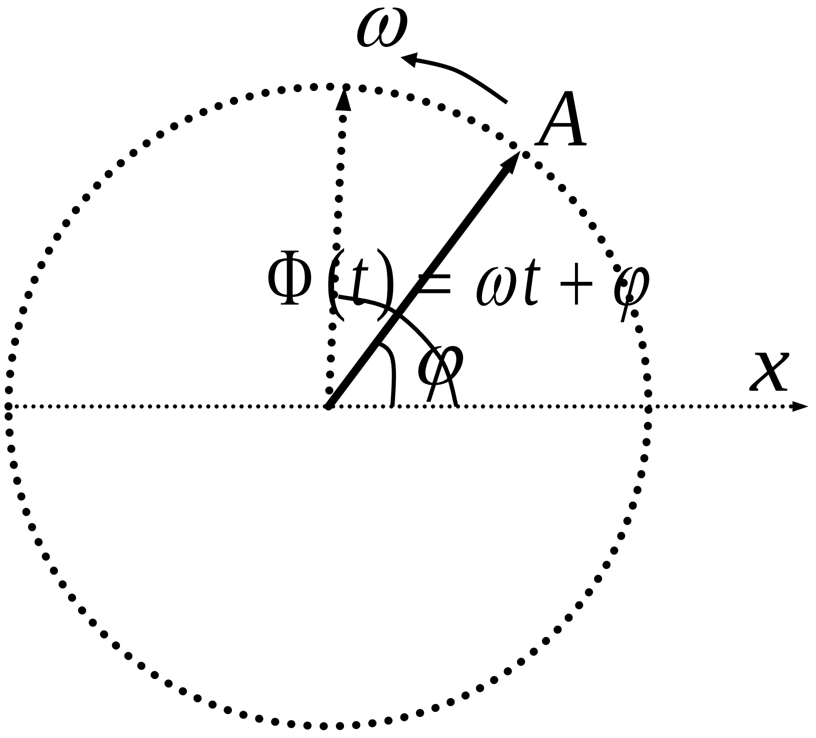
$$\omega=\sqrt{\frac{k}{m}}$$

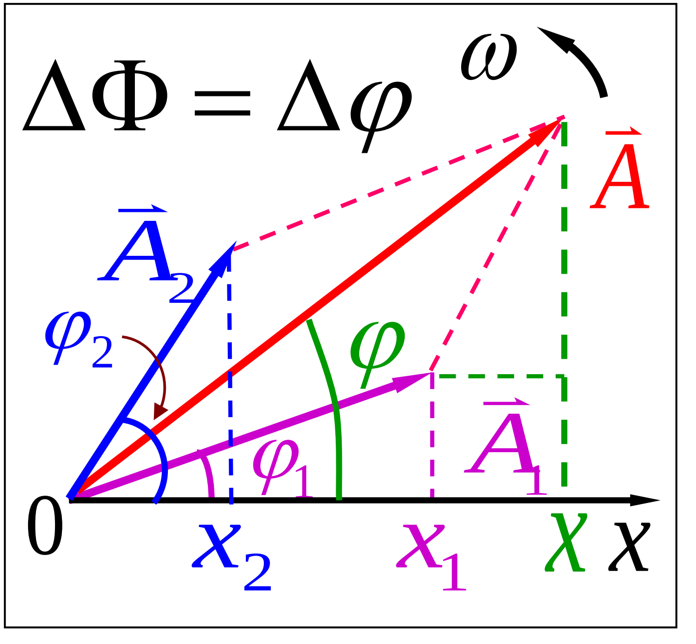
$$\omega=\sqrt{\frac{mgl_{CO}}{J_O}}\rightarrow\sqrt{\frac{g}{l}}$$

$$\ddot{x}+\omega^2x=0$$

$$x=A\cos(\omega t+\varphi)$$

$$\nu_{拍}=\nu_2-\nu_1$$





能量与振幅

1 系统作简谐运动，周期T，以余弦函数表达运动时，初相位为零．在 $0 \le t \le \frac{1}{2}T$ 范围内，系统在t=____________时动能和势能相等．

$$t = \frac{T}{8} \text{ or } \frac{3T}{8}$$

19。3560：弹簧振子在光滑水平面上作简谐振动时，弹性力在半个周期内所作的功为

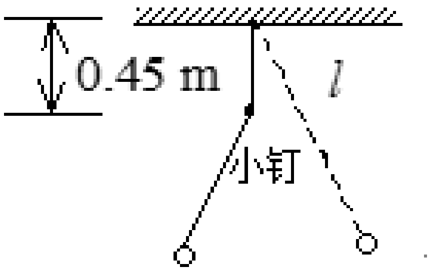
(A) kA^2　　(B) $\frac{1}{2}kA^2$　　(C) $(1/4)kA^2$　　(D) 0

1、竖式弹簧

质量为m物体和一个轻弹簧组成弹簧振子，其固有振动周期为T. 当它作振幅为A的自由简谐振动时，其振动能量E = ________。（取平衡位置为势能零点）动能和势能振动的周期为________，相位差为________。

3单摆:ref: P9-10,Ex9-21

一单摆的悬线长l = 1.5 m，在顶端固定点的竖直下方0.45 m处有一小钉，如图示．设摆动很小，则单摆的左右两方振幅之比A_1/A_2的近似值为________。



0.84

（角）频率与周期

1、弹簧组合：串/并 ref: Ex9-11

一根弹簧分成两半，中间系一物体，两端固定。物体在光滑水平面上沿着弹簧方向为振动，求其振动周期。

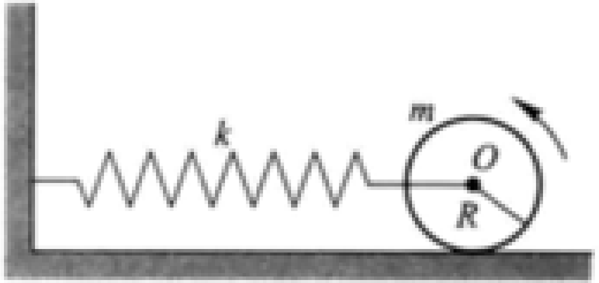
2复摆 ref: Ex9-26

墙上钉子挂的呼啦圈的微振动周期T

9-10 设地球是一个半径为R的均匀球体，密度 $\rho = 5.5\times10^{3}\ \mathrm{kg.m^{-3}}$．现假定沿直径凿通一条隧道，若有一质量为$m$的质点在此隧道内作无摩擦运动．（1）证明此质点的运动是简谐运动；（2）计算其周期．

9-23球柱滚动周期

如图所示，将质量为m、半径为R,质量均匀分布的圆柱体中心系于一水平的轻弹簧上(倔强系数为k)，在水平面上作无滑动滚动。可以证明将圆柱体从平衡位置向右拉开微小距离后释放，圆柱体将在平衡位置附近作简谐振动，其振动角频率为______。



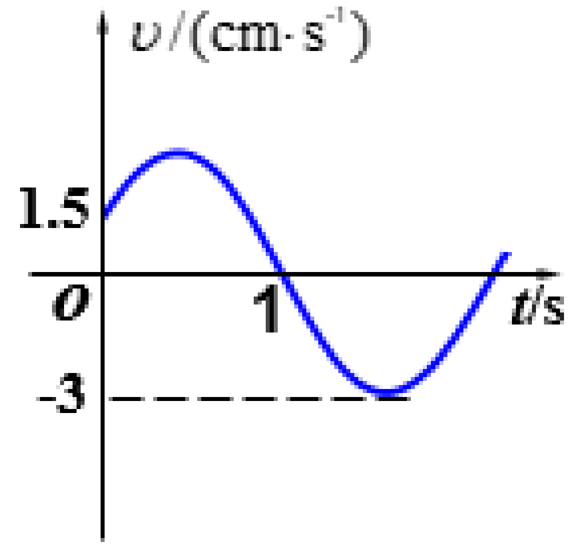
位相与时间

9-20* 如图为一简谐运动质点的速度与时间的关系曲线，求运动方程.

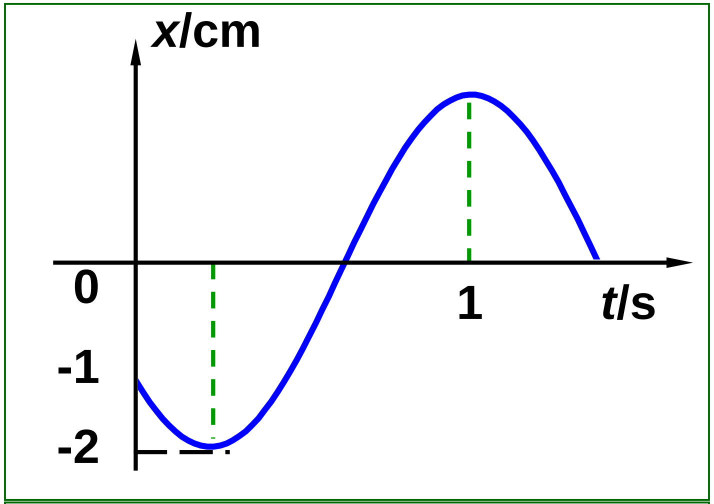
$$x = A\cos(\omega t + \varphi)$$

$$v = -\omega A \sin(\omega t + \varphi)$$

$$= \omega A \cos\left(\omega t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right)$$



9-2 已知某简谐运动的振动曲线如图所示，则此简谐运动的运动方程（x的单位为 cm，t的单位为 s）为（　）

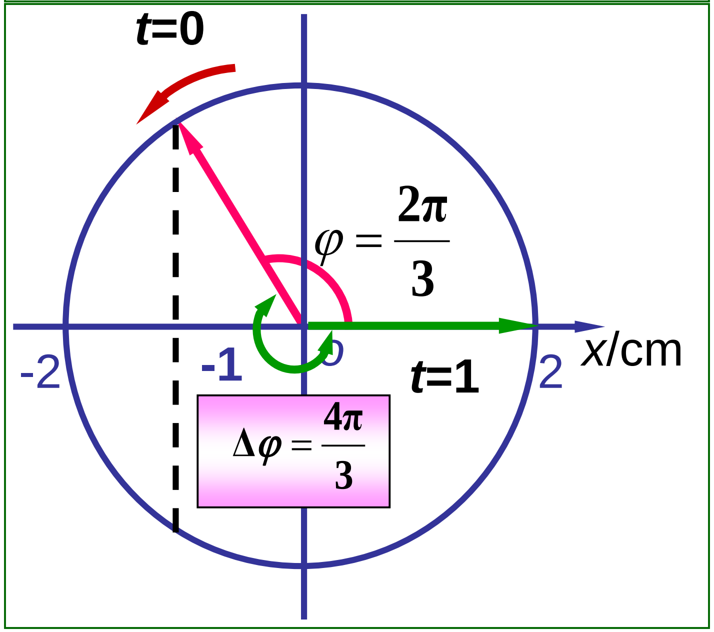


(A) $x = 2\cos(\frac{2}{3}\pi t - \frac{2}{3}\pi)$

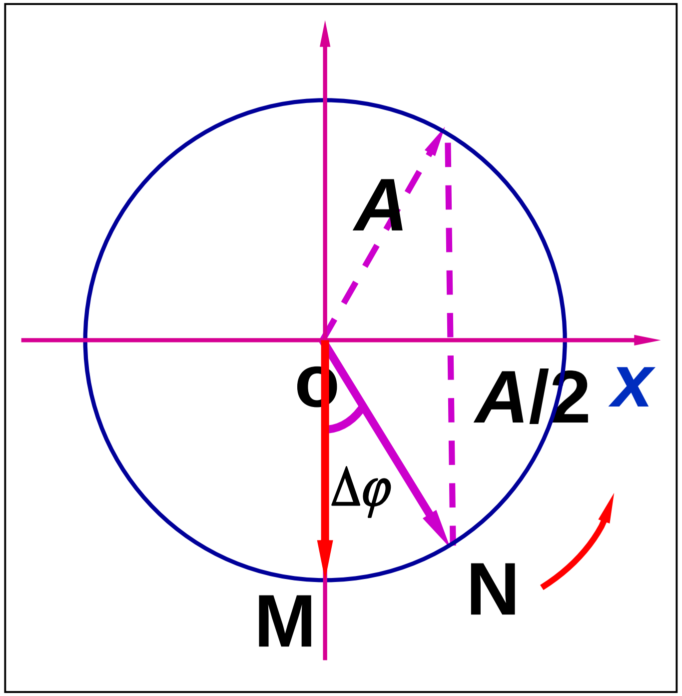
(B) $x = 2\cos(\frac{2}{3}\pi t + \frac{2}{3}\pi)$

(C) $x = 2\cos(\frac{4}{3}\pi t - \frac{2}{3}\pi)$

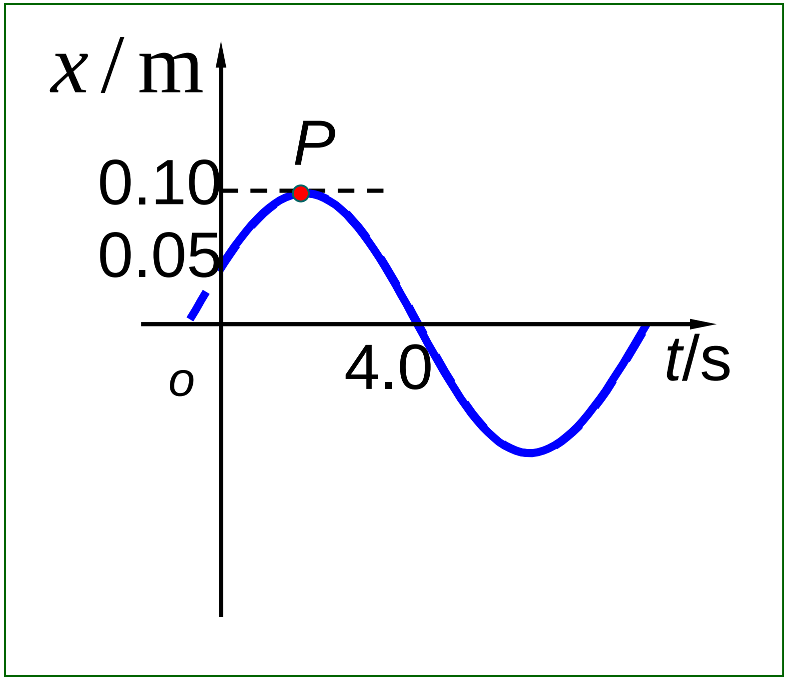
(D) $x = 2\cos(\frac{4}{3}\pi t + \frac{2}{3}\pi)$



9-4* 一质点作简谐振动，周期为 T。质点由平衡位置向 x 轴正方向运动时，由平 衡位置到二分之一最大位移这段路程所需要的时间为＿＿＿＿＿＿＿＿，质点在此处时其动能与势能之比为＿＿＿＿＿＿＿＿。

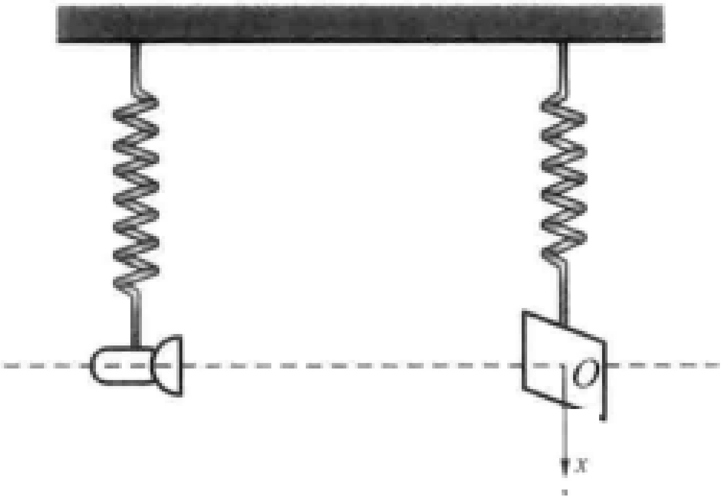


9-15 某振动质点的*x*-*t*曲线如图所示，试求：（1）运动方程；（2）点*P*对应的相位；（3）到达*P*相应位置所需时间.



振动合成

9-34　手电筒和屏幕质量均为 m，且均被劲度系数为 k 的轻弹簧悬挂于同一水平面上，如图所示．平衡时，手电筒的光恰好照在屏幕中心．设手电筒和屏幕相对于地面上下振动的表达式分别为 $x_1=A\cos(\omega t+\varphi_1)$ 和 $x_2=A\cos(\omega t+\varphi_2)$．试求在下述两种情况下初相位 φ_1 和 φ_2 应满足什么条件？（1）光点在屏幕上相对于屏静止不动；（2）光点在屏幕上相对于屏作振幅 $A'=2A$ 的振动．并说明用何种方式启动，才能得到上述结果．



$$x_{光对地}=x_1=A\cos(\omega t+\varphi_1)$$

$$x_{屏对地}=x_2=A\cos(\omega t+\varphi_2)$$

$$x_{光对屏}=x_1-x_2=x_1+x_2'=A\cos(\omega t+\varphi_1)+A\cos(\omega t+\pi+\varphi_2)$$

（1）$\pi+\varphi_2-\varphi_1=(2k+1)\pi$　把它们往下拉位移 A 后，同时释放即可；

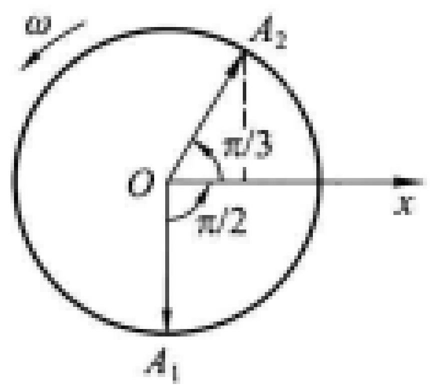
（2）$\pi+\varphi_2-\varphi_1=2k\pi$

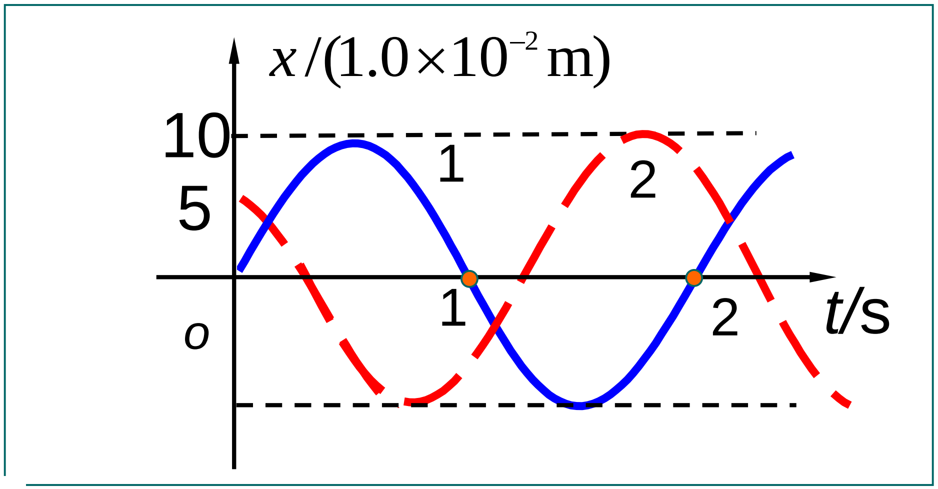
光点对屏作振幅为 $2A$ 的简谐振动，两者必须相位相反，为此，让手电筒位于平衡点 O 上方的 $-A$ 处，而屏则位于 $+A$ 处同时释放，即可实现．

同向合成

9-35 两个同频率简谐运动1和2的振动曲线如图所示，求（1）两简谐运动的运动方程x_1和x_2；（2）在同一图中画出两简谐运动的旋转矢量，并比较两振动的相位关系；（3）若两简谐运动叠加，求合振动的运动方程.

$x_1 = 0.1\cos(\pi t - \pi/2)\ (\mathrm{m})$，　$x_2 = 0.1\cos(\pi t + \pi/3)\ (\mathrm{m})$





$x = 0.052\cos(\pi t - \pi/12)\ (\mathrm{m})$

异频合成：拍

9-32 将频率为348 Hz的标准音叉振动与一待测频率的音叉振动合成，测得拍频为3 Hz，若在待测频率音叉的一端加上一小物块，拍频数将减少，则待测音叉的固有频率为____351Hz____.

解 $|\nu_2 - \nu_1| = 3$ 设 $\nu_1 = 348\,\text{Hz}$

则 $\nu_2 = 345\,\text{Hz}$ 或 $\nu_2 = 351\,\text{Hz}$

由题意得 $\nu_2 = 351\,\text{Hz}$

垂直叠加

6. 一质点同时参加 x 和 y 两个垂直方向的简谐振动，它在 xOy 平面内，沿着一个椭圆做逆时针方向运动. 已知椭圆的轨迹方程为 $\frac{x^2}{a^2}+\frac{y^2}{b^2}=1$，$x$ 方向的振动方程为 $x=a\cos(\omega t+\varphi)$，则可知 y 方向的振动（　　）

A. 是简谐运动

B. 振幅为 b

C. 周期为 $2\pi/\omega$

D. 初相位为 $\varphi-\frac{\pi}{2}$

简谐波动

$$\Phi(t,x)=\omega t\mp kx+\varphi$$

$$y=A\cos(\omega t\mp kx+\varphi)$$

$$\boxed{I=\frac{1}{2}\rho\omega^2A^2u}$$

$\downarrow$ 相干叠加 $\Delta\Phi=\Delta\varphi-\frac{2\pi}{\lambda}\Delta r$

$$\boxed{\frac{\partial^2\Psi}{\partial x^2}=\frac{1}{u^2}\frac{\partial^2\Psi}{\partial t^2}}$$

$$y=2A\cos\left(kx-\frac{\varphi_1-\varphi_2}{2}\right)\cos\left(\omega t+\frac{\varphi_1+\varphi_2}{2}\right)$$

波节（反相） 相位突变 $\pm\pi$

$$\Delta\Phi=(\omega t+kx+\varphi_2)-(\omega t-kx+\varphi_1)=\pm(2m+1)\pi$$

行波波函数

$$y = A\cos\left[\omega\left(t \mp \frac{x}{u}\right) + \varphi\right]$$

$$= A\cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T} \mp \frac{x}{\lambda}\right) + \varphi\right]$$

$$= A\cos[\omega t \mp kx + \varphi]$$

$$u = \frac{\lambda}{T} = \frac{\omega}{k} \qquad \omega = \frac{2\pi}{T} \qquad k = \frac{2\pi}{\lambda}$$

$$y = A\cos(\omega t \mp kx + \varphi)$$

$$\Phi(t, x) = \omega t \mp kx + \varphi$$

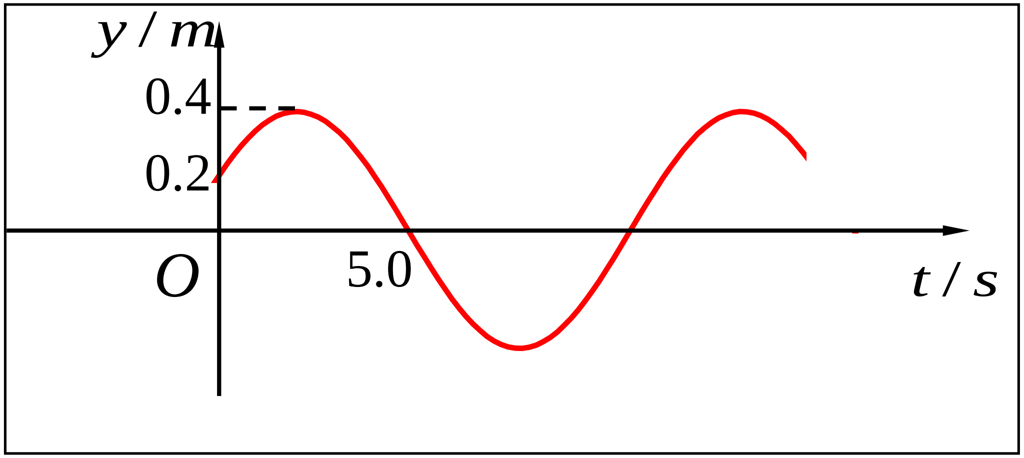
$$\varphi(x) = \Phi(0, x) = \mp kx + \varphi$$

$$\varphi = \varphi(x = 0) = \Phi(t = 0, x = 0)$$

$$y = A\cos[\omega(t - t_0) \mp k(x - x_0) + \Phi(t_0, x_0)]$$

$$y = A\cos[\omega t \mp k(x - x_0) + \varphi(x_0)]$$

10-17 一平面简谐波，波长为12m，沿x轴负向传播. 图示为$x=1.0\text{m}$处质点的振动曲线，求此波的波动方程.



$$y = A\cos(\omega t + kx + \varphi)$$

$$y = 0.4m\cos(\omega t + \frac{2\pi}{12}x + \varphi)$$

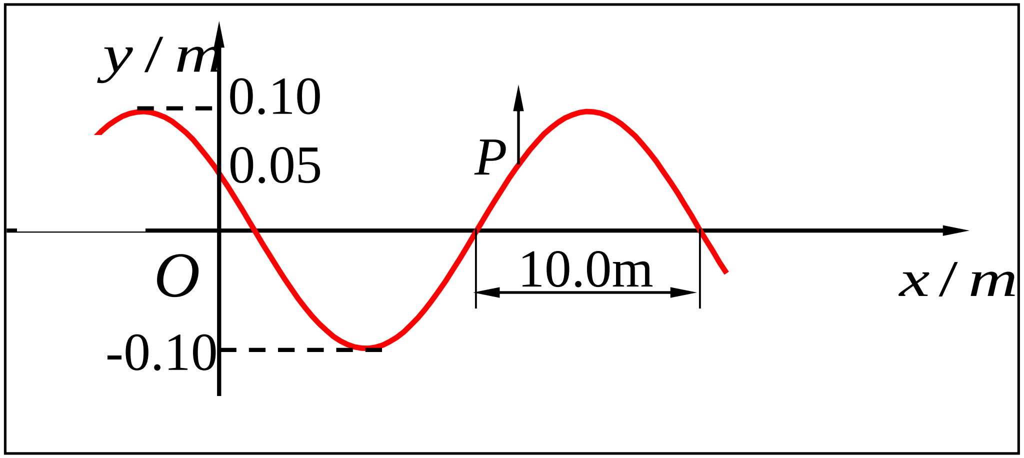
$$y = 0.4m\cos[\omega t + \frac{2\pi}{12}(x - 1.0) + \varphi(1.0)]$$

$$y = 0.4m\cos[\omega t + \frac{2\pi}{12}(x - 1.0) - \frac{\pi}{3}]$$

$$\omega\Delta t = \frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{2} \qquad \omega = \frac{\pi}{6}$$

$$y = 0.4m\cos(\frac{\pi}{6}t + \frac{\pi}{6}x - \frac{\pi}{2})$$

10-15 图示为平面简谐波在 $t=0$ 时的波形图，设此简谐波的频率为250Hz，且此时图中点 P 的运动方向向上. 求（1）该波的波动方程；（2）在距原点为7.5m处质点的运动方程与 $t=0$ 时该点的振动速度.



已知一沿x轴负方向传播的平面简谐波，在$t=\dfrac{1}{3}s$时的波形如图所示，且周期 $T=2s$ 。

(1)写出O点的振动表达式；(2)写出此波的波动表达式；(3)写出Q点的振动表达式；(4)Q点离O点的距离多大？

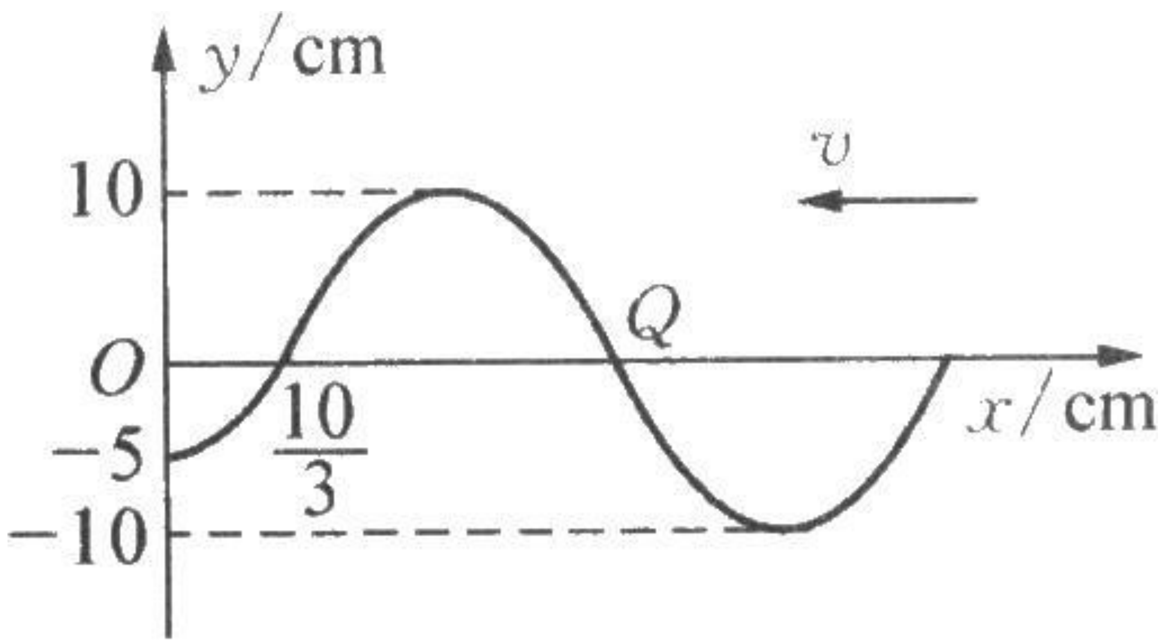


图 23－3

$$y = A\cos(\omega t + kx + \varphi)$$

$$A = 0.10m, \omega = \frac{2\pi}{T} = \pi rad/s$$

$$\Phi(t = \frac{1}{3}s, x = 0) = \omega t + \varphi = -\frac{2}{3}\pi$$

$$\varphi = -\pi$$

$$\Phi(t = \frac{1}{3}s, x = \frac{10}{3}\times 10^{-2}m) = -\frac{1}{2}\pi$$

$$\Delta\Phi = k\cdot\Delta x = k\cdot\frac{10}{3}\times 10^{-2} = \frac{\pi}{6}$$

$$k = 5\pi rad/m \qquad \lambda = \frac{2\pi}{k} = 0.4m$$

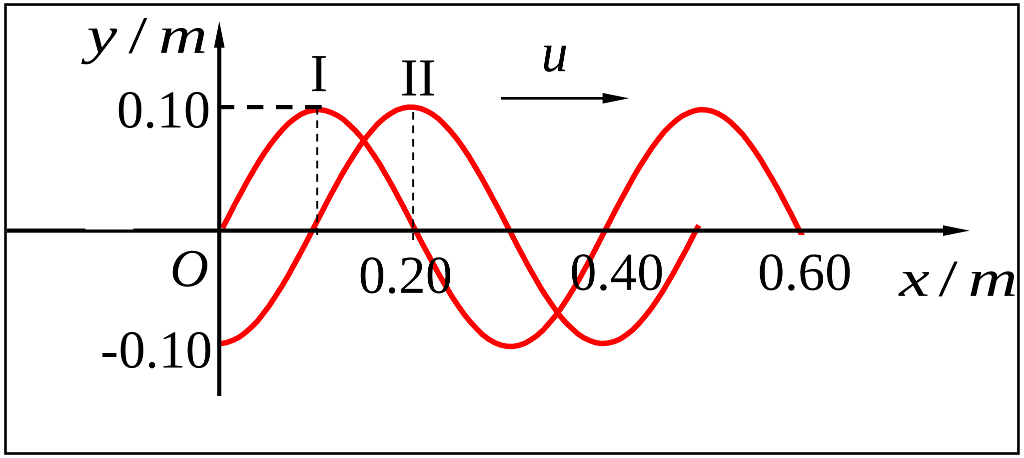
$$y_O = 0.1\cos(\pi t - \pi)$$

$$y = 0.1\cos(\pi t + 5\pi x - \pi)$$

$$x_Q = \frac{10}{3}\times 10^{-2} + \frac{\lambda}{2} = 0.2333m$$

$$y_Q = 0.10\cos(\pi t + \frac{\pi}{6})。$$

10-18 图中（I）是 $t=0$ 时的波形图，（II）是 $t=0.1\text{s}$ 时的波形图。已知 $T>0.1\text{s}$，写出波动方程表达式。



波动能量

动能势能同相，平衡位置最大。

能流密度（ 波的强度 ）I：

单位时间内通过单位面积的平均能量.

$$\boxed{I=\frac{1}{2}\rho(\omega A)^2u}$$

1、在同一媒质中两列相干波的强度之比是I_1 / I_2 = 4，则两列波的振幅之比是 [ ]

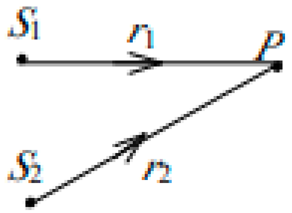
(A) A_1 / A_2 = 4 (B) A_1 / A_2 =2

(C) A_1 / A_2 =16 (D) A_1 / A_2 = 1 /4.

2、一平面简谐波，频率为300 Hz，波速为340 m/s，在截面面积为3.00×10^{-2} m^{2}的管内空气中传播，若在10 s内通过截面的能量为2.70×10^{-2} J，则 (1) 波的平均能流密度__________________ (2) 波的平均能量密度__________________

波的干涉

28．3433：如图所示，两列波长为λ 的相干波在 P 点相遇。波在 S_1 点振动的初相是ϕ_1，S_1 到 P 点的距离是 r_1；波在 S_2 点的初相是ϕ_2，S_2 到 P 点的距离是 r_2，以 k 代表零或正、负整数，则 P 点是干涉极大的条件为：

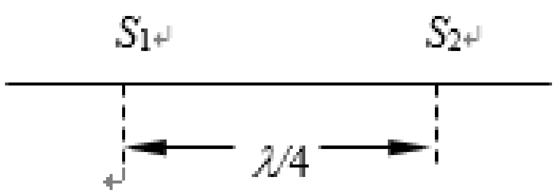


(A) $r_2 - r_1 = k\lambda$　　(B) $\phi_2 - \phi_1 = 2k\pi$

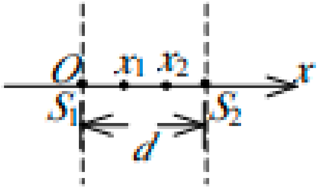
(C) $\phi_2 - \phi_1 + 2\pi(r_2 - r_1)/\lambda = 2k\pi$

(D) $\phi_2 - \phi_1 + 2\pi(r_1 - r_2)/\lambda = 2k\pi$　　[　　]

3、如图所示，S_1，S_2为相干波源，相距 1/4 波长，S_1的相位较S_2超前$\pi/2$。设强度均为I_0的两波源分别发出两列波，沿$S_1 S_2$连线上传播，强度保持不变。则两列波在S_2外侧各点的相位差为________；合成波的强度为________。



10．3099：如图所示，两相干波源在 x 轴上的位置为 S_1 和 S_2，其间距离为 $d = 30$ m，S_1 位于坐标原点 O。设波只沿 x 轴正负方向传播，单独传播时强度保持不变。$x_1 = 9$ m 和 $x_2 = 12$ m 处的两点是相邻的两个因干涉而静止的点。求两波的波长和两波源间最小相位差。



驻波

驻波方程

（一般）

$$y_1 = A\cos(\omega t - kx + \varphi_1)$$

$$y_2 = A\cos(\omega t + kx + \varphi_2)$$

$$y = 2A\cos\left(kx - \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right)\cos\left(\omega t + \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right)$$

（2）驻波的特征

$$\left|\cos\left(kx - \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{2}\right)\right| = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases}$$ 确定

波腹

波节

$$kx-\frac{\varphi_1-\varphi_2}{2}=\begin{cases}\pm m\pi \\ \pm(m+\frac{1}{2})\pi\end{cases} \qquad m=0,1,2\cdots$$

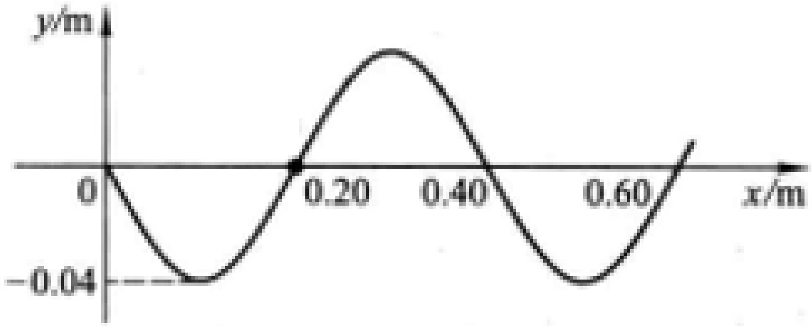
$$kx-\frac{\varphi_1-\varphi_2}{2}=\frac{1}{2}[(\omega t+kx+\varphi_2)-(\omega t-kx+\varphi_1)]$$

波腹（同相）

$$\Delta\Phi=(\omega t+kx+\varphi_2)-(\omega t-kx+\varphi_1)=\pm 2m\pi$$

波节（反相）

$$\Delta\Phi=(\omega t+kx+\varphi_2)-(\omega t-kx+\varphi_1)=\pm(2m+1)\pi$$

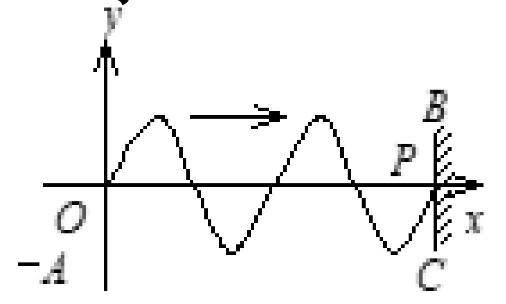


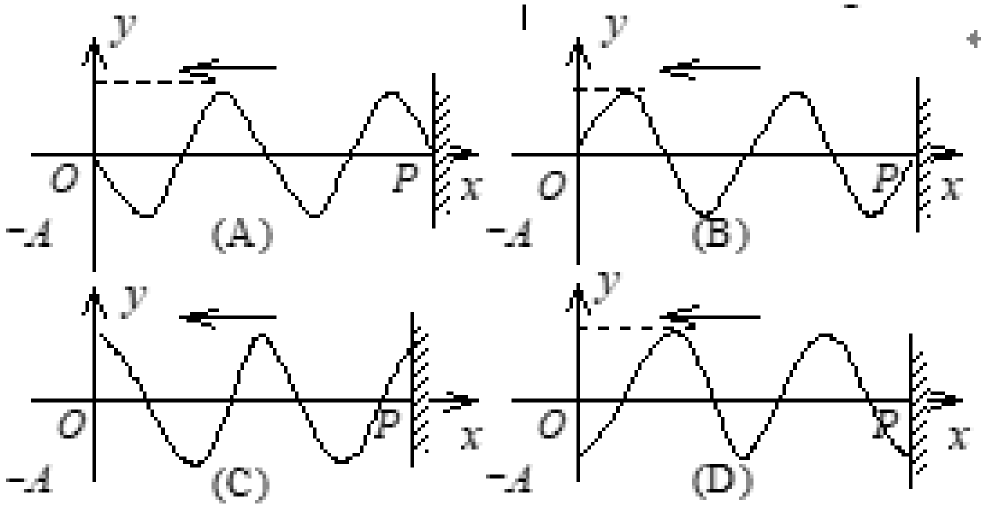
X_2=0.25和x_1=0.15两处的相位差

（1）右行波 $-\frac{\pi}{2}$

（2）驻波 π

图中画出一向右传播的简谐波在t时刻的波形图，BC为波密介质的反射面，波由P点反射，则反射波在t时刻的波形图为





Eg 如果入射波是 $y_1 = A\cos 2\pi(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda})$ ，在 $x=\lambda$ 处反射后形成驻波，反射点为波节，设反射后波的强度不变，则反射波的方程式为________________________________，在 $x = \frac{2}{3}\lambda$ 处质点合振动的振幅等于________.

$$y_2 = A\cos[2\pi(\frac{t}{T} + \frac{x}{\lambda}) - 3\pi) \qquad \sqrt{3}A$$

Ref: p.71例

6. 振幅相同的两列相干简谐波沿同一直线反向传播，叠加后形成驻波。已知其中一个简谐波的波函数为$y_1 = A\cos(\omega t - 2\pi x/\lambda)$，且$x = \lambda/4$处质元简谐振动的振幅为$A$，则另一简谐波的波函数可能为

（A） $y_2 = A\cos(\omega t + 2\pi x/\lambda)$

（B） $y_2 = A\cos(\omega t + 2\pi x/\lambda + \pi/3)$

（C） $y_2 = A\cos(\omega t + 2\pi x/\lambda + 2\pi/3)$

（D） $y_2 = A\cos(\omega t + 2\pi x/\lambda + \pi)$

正向

$$y_1 = A\cos(\omega t - 2\pi x/\lambda)$$

负向

$$y_2 = A\cos(\omega t + 2\pi x/\lambda + \varphi)$$

$$y = y_1 + y_2$$

$$y = 2A\cos(2\pi x/\lambda + \varphi/2)\cdot\cos(\omega t + \varphi/2)$$

$x = \lambda/4$ 振幅：

$$2A\left|\cos(2\pi/4 + \varphi/2)\right| = A$$

$$\pi/2 + \varphi/2 = \pm\pi/3, \pm 2\pi/3$$

$$\varphi = \pm\pi/3$$

（B）

10-27 一弦上的驻波方程式为 $y = 0.03\cos(1.6\pi x)\cos(550\pi t)$，式中$y$的单位为 m，$t$的单位为s.（1）若将次驻波看成是由传播方向相反、振动及波速均相同的两列相干波叠加而成的，求它们的振幅及波速；（2）求相邻波节之间的距离；（3）求 $t = 3.0\times10^{-3}$s时位于 $x = 0.625$m 处质点的振动速度.

5、一根两端开口的细长直管放置在空气中，其内空气柱的简正频率最低为594Hz。若将管的一端封闭，则空气柱振动的基频的值最接近下列数值中的哪一个？

A、 300Hz

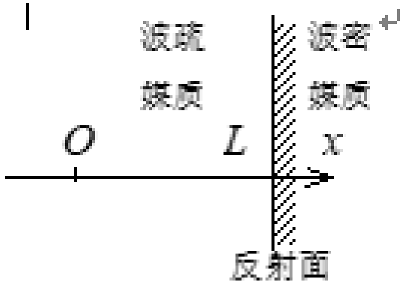
B、 500Hz

C、 700Hz

D、 900Hz

6、（1）一列波长为λ 的平面简谐波沿 x 轴正方向传播．已知在 $x=\dfrac{1}{2}\lambda$处振动的方程为 $y=A\cos\omega t$，则该平面简谐波的表达式为

____.



(2) 如果在上述波的波线上 $x=L$（$L>\dfrac{1}{2}\lambda$）处放一如图所示的反射面，且假设反射波的振幅为 A'，则反射波的表达式为

____ $(x\leqslant L)$.

多普勒效应

$$\nu' = \frac{u+v_0}{u+v_s}\nu$$

（1）介质静止，观察者和波源沿着它们连线运动

（2）注意波源运动和观察者运动产生的效应的区别

（3）注意符号约定：

从观察者(O)到波源(S)为正方向：O→S 为 +

你驾驶的汽车与一警车相向而行，你的车速为20m/s，而警车的速度为30m/s。假设警车的警笛的频率为800Hz，则你测得的警笛声的波长为———，你听到警笛声的频率是—————。（已知空气中声速为u=330m/s)

Ans: 0.375m, 933.3Hz

波动光学：

光是电磁横波

A、相干性：干涉和衍射

B、横波性：光的偏振

〇、光是一种电磁横波

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cos(\omega t - kr + \varphi) \quad \vec{S} = \vec{E} \times \vec{H} \propto E^2 \equiv I$$

$$\Phi = \omega t - kr + \varphi \qquad k = \frac{2\pi}{\lambda_n}$$

$$\Delta\Phi = \Delta\varphi - \frac{2\pi}{\lambda} \cdot \Delta \qquad \Delta = n_2 L_2 - n_1 L_1$$

$$E_0 = \sqrt{E_{10}^2 + E_{20}^2 + 2E_{10}E_{20}\cos\Delta\Phi}$$

光强分布： $I = I_1 + I_2 + 2\sqrt{I_1 I_2}\cos\Delta\Phi$

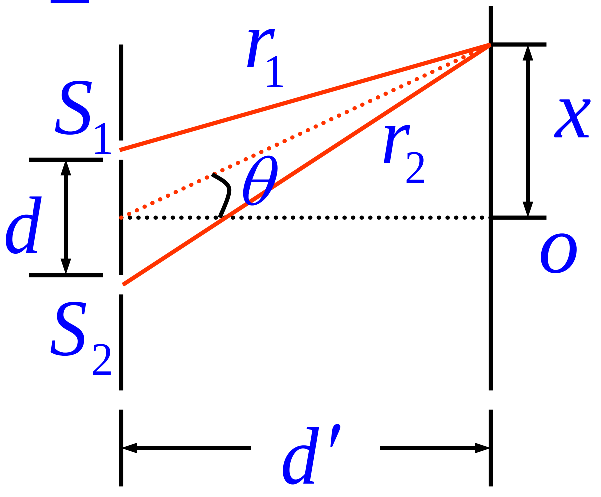
一、杨氏双缝干涉（波阵面分割法）

光程差 $\Delta r = d\sin\theta \approx d\dfrac{x}{d'}$

得：明纹条件 $x = \pm k\dfrac{d'}{d}\lambda \quad k = 0,1,2\cdots$

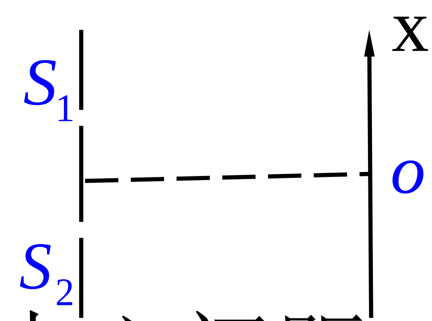
暗纹条件 $x = \pm(2k+1)\dfrac{d'}{d}\dfrac{\lambda}{2}$

$k = 0,1,2\cdots$



条纹间距 $\Delta x = \dfrac{d'}{d}\lambda$

5 双缝干涉实验装置如图所示，双缝与屏之间的距离 $D=1.00m$ ，两缝之间的距离 $d=0.6mm$，用波长 $\lambda=600nm$ 的单色光垂直照射双缝.



(1) 求原点o上、下方的第四级明条纹的坐标x和它们明纹中心间距；

(2) 如果用厚度 $l=0.01mm$，折射率 $n=1.60$ 的透明薄膜覆盖在图中的S_1缝后面，零级明纹将移到原来第几级明纹处？

（3）斜入射*

二、薄膜干涉（振幅分割法）

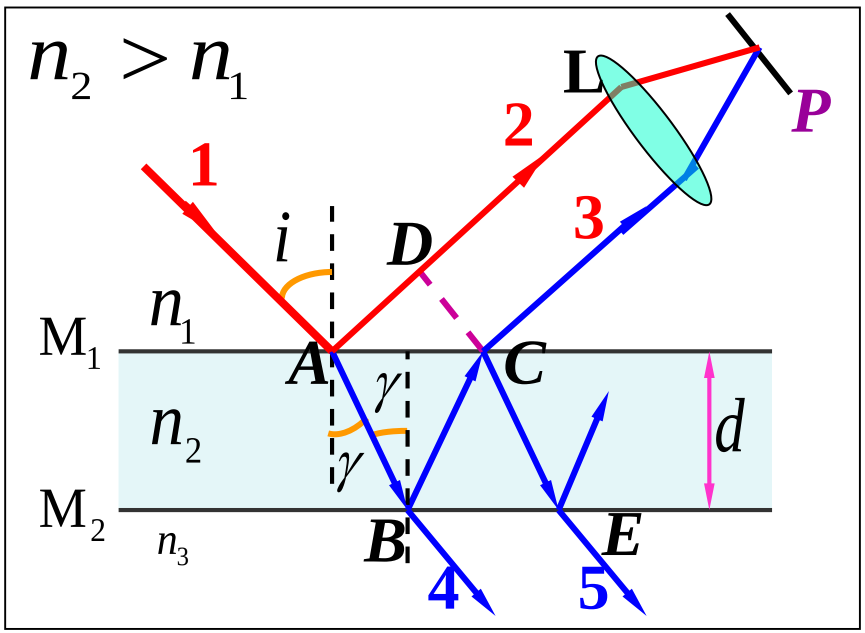
- **反射光的光程差**

$$\Delta_r = 2d\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i} + \boxed{\lambda/2}$$

n1,n2,n3

不顺/无序

- **透射光的光程差** $\Delta_t = 2d\sqrt{n_2^2 - n_1^2 \sin^2 i}$



1、透射光和反射光干涉具有互补 性，符合能量守恒定律.

2、均匀膜等倾干涉，非均匀膜等厚干涉

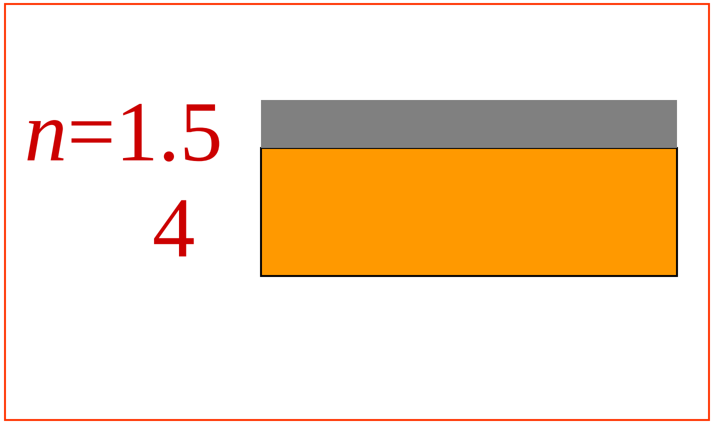
(0) 均匀膜

5 硅片(n=4)上的二氧化硅(n=1.5)薄膜对由空气中垂直入射的570 nm的黄光反射增强，则该薄膜的厚度至少应是________________

解

$$2ne = k\lambda \Rightarrow e = \frac{k\lambda}{2n} \leftarrow k = 1$$

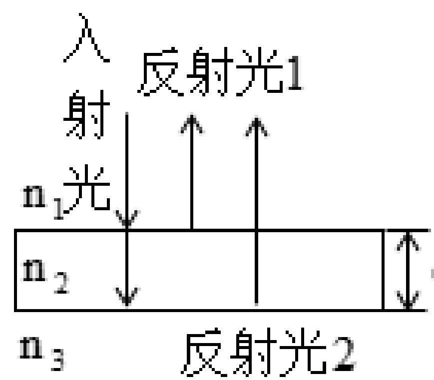
$$e = \frac{\lambda}{2n} = 190 \text{ nm}$$



4、单色平行光垂直照射在薄膜上，其反射的两束光发生干涉，如图所示，若薄膜的厚度为 e，且 $n_1 < n_2$，$n_2 > n_3$，λ_1 为反射光在 n_1 中的波长，则两束光的光程差为　[　　　]

（A） $2n_2e$　　（B） $2n_2e - \dfrac{\lambda_1}{2n_1}$

（C） $2n_2e - \dfrac{n_1\lambda_1}{2}$　　（D） $2n_2e - \dfrac{n_2\lambda_1}{2}$



（1）劈尖干涉 $i=0$ $\Delta = 2n_2 d + \dfrac{\lambda}{2}$

所以 $2n_2 d + \dfrac{\lambda}{2} = k\lambda$ $k = 1,2,3\cdots$（加强明纹）

$2n_2 d + \dfrac{\lambda}{2} = (2k+1)\dfrac{\lambda}{2}$ $k = 0,1,2,\cdots$（减弱暗纹）

相邻两明（暗）条纹处劈尖厚度差

$$\Delta d = \frac{\lambda}{2n_2}$$

（若 $n_2 = 1$，则 $\Delta d = \dfrac{\lambda}{2}$ ）

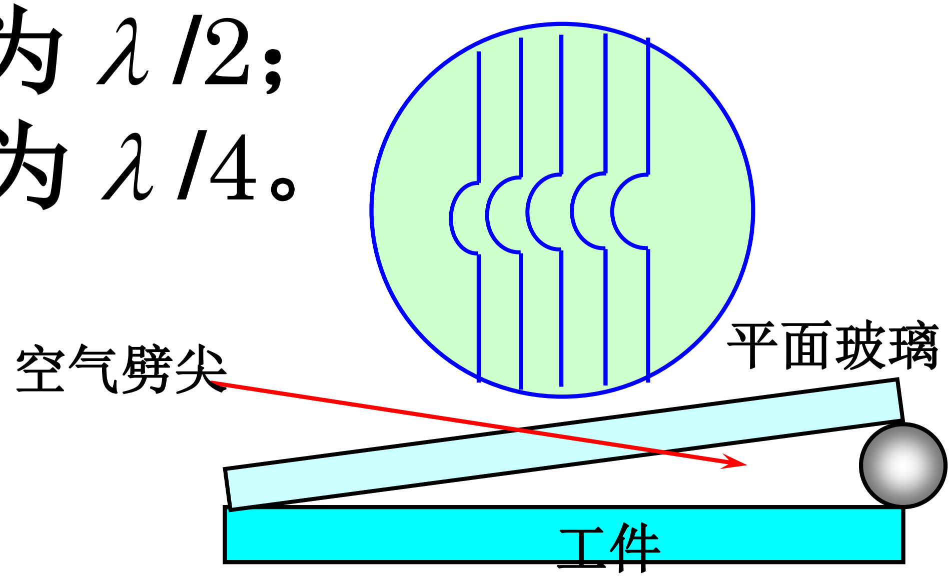
3.如图所示,当波长为 λ 的单色平行光垂直照射时,观察到每一条纹弯曲部分的顶点恰好与其左边条纹的直线部分的连线相切,则工件表面与条纹弯曲处对应的部分:

（A）凸起，且高度为 $\lambda/4$；

（B）凸起，且高度为 $\lambda/2$；

（C）凹陷，且深度为 $\lambda/2$；

（D）凹陷，且深度为 $\lambda/4$。



[C]

四、计算

1．测量薄膜厚度。图示欲测定 SiO_2 的厚度，通常将其磨成图示劈尖状，然后用光的干涉方法测量。

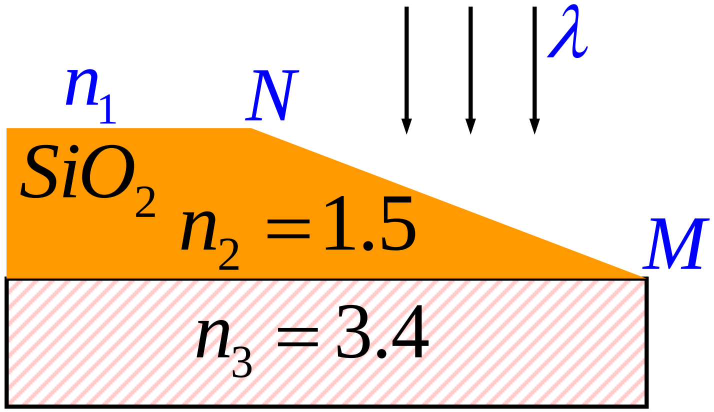
若以 $\lambda = 590nm$ 光垂直入射，看到七条暗纹，且第七条位于N处，问该膜厚为多少。

解：由于 $n_1 < n_2 < n_s$ 则

$\Delta = 2n_2d$ 由暗条纹条件得

$$\Delta = 2n_2d = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$$

$$k = 0,\ 1,\ 2\cdots$$



已知N处为第七条暗纹，而棱边处对应$k=0$的暗纹，所以取$k=6$，得

$$d=\frac{(2k+1)}{4n_2}\lambda=1.27\times10^3 nm$$

方法2： 劈尖相邻明条（暗条）间的垂直距离为$\frac{\lambda}{2n_2}$，今有七条暗纹，棱边为明条纹，则其厚度

$$d=(7-1)\frac{\lambda}{2n_2}+\frac{1}{2}\frac{\lambda}{2n_2}=1.27\times10^3 nm$$

讨论：

如果N处为一明条纹如何计算？

如果N处不出现明、暗条纹，又如何计算。

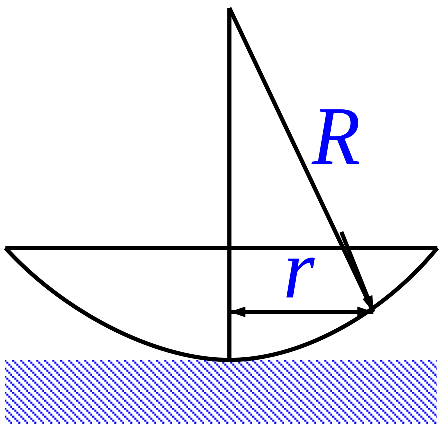
（2）牛顿环干涉

干涉条纹是以接触点为中心的同心圆环，

其明环半径 $r=\sqrt{(k-\frac{1}{2})R\lambda}$

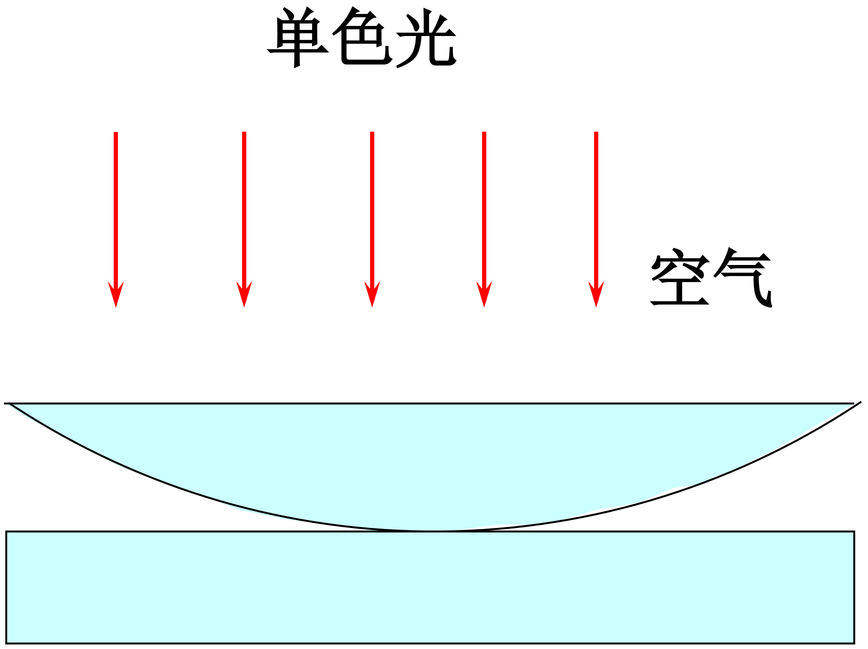
暗环半径 $r=\sqrt{kR\lambda}$

其中R为透镜的曲率半径



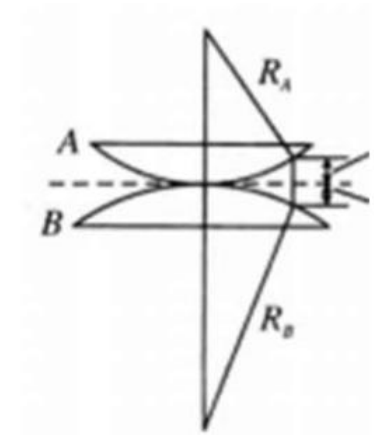
4.如图，用单色光垂直照射在观察牛顿环的装置上，设其平凸透镜可以在垂直的方向上移动，在透镜离开平玻璃过程中，可以观察到这些环状干涉条纹。

（A）向右平移；
（B）向中心收缩；
（C）向外扩张；
（D）静止不动；
（E）向左平移。



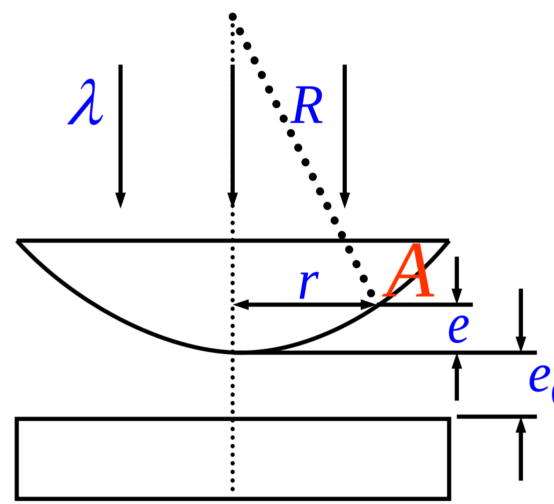
[B]

2. 牛顿环装置中平凸透镜与平板玻璃有一小间隙e_0，现用波长为λ单色光垂直入射



（1）任一位置处的光程差

（2）求反射光形成牛顿环暗环的表述式（设透镜的曲率半径为R）



解（1）设在A处，两束反射光的光程差为

$$\Delta = 2(e_0 + e) + \frac{\lambda}{2}$$

[若计算透射光，图示 $\Delta' = 2(e_0 + e)$]

（2）形成的暗纹条件

$$2(e_0+e)+\frac{\lambda}{2}=(2k+1)\frac{\lambda}{2} \qquad （1）$$

由图示几何关系知（设A处环半径r）

$$r^2=R^2-(R-e)^2=R^2-R^2+2\mathrm{Re}+e^2\approx 2\mathrm{Re}$$

$$\therefore e=\frac{r^2}{2R} \qquad （2）$$

代入式（1）得

$$r=\sqrt{R(k\lambda-2e_0)}$$

k为正整数，且 $k>\frac{2e_0}{\lambda}$

3．图示，设单色光垂直入射，画出干涉条纹（形状，疏密分布和条纹数）

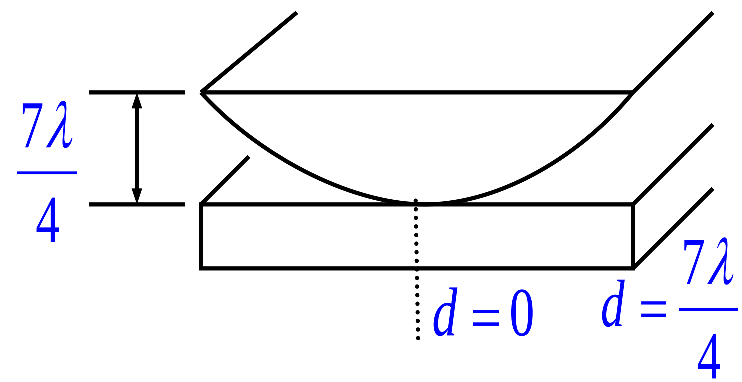
（1）上表面为平面，下表面为圆柱面的平凸透镜放在平板玻璃上。

由 $\Delta = 2nd + \dfrac{\lambda}{2}$ 得明纹条件

$$2nd + \frac{\lambda}{2} = k\lambda$$

当 $d = \dfrac{7}{4}\lambda$ 时， $k = 4$

可观察到第四级明条纹，即



5．迈克耳孙干涉仪

利用振幅分割法使两个相互垂直的平面镜形成一等效的空气薄膜，产生干涉。

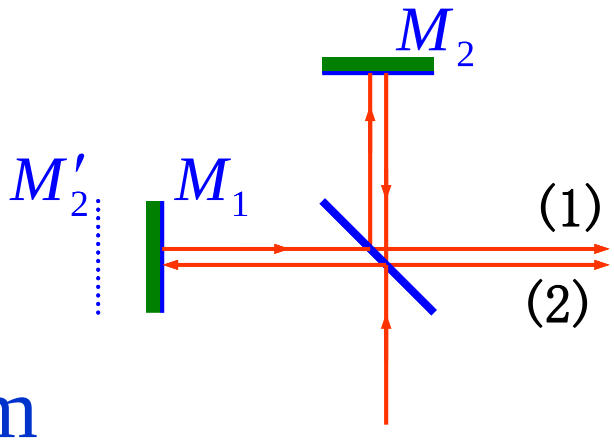
视场中干涉条纹移动的数目与相应的空气薄膜厚度改变（平面镜平移的距离）的关系

$$\Delta d = \Delta n \frac{\lambda}{2}$$

3.（1）迈克耳孙干涉仪中平面镜M_2移动距离 $\Delta d = 0.3220\,\mathrm{nm}$ **时，测得某单色光的干涉条纹移动** $\Delta n = 1204$ **条，则波长为__________.**

（2）若M_2前插入一薄玻璃片，观察到干涉条纹移动150条，设入射光 $\lambda = 500\,\mathrm{nm}$**，玻璃折射率** $n = 1.5$**，则玻璃片的厚度_______.**

$$\lambda = \frac{2\Delta d}{\Delta n} = 535\,\mathrm{nm}$$



$$d = \Delta n \lambda / 2(n-1) = 5.93 \times 10^{-3}\,\mathrm{cm}$$

二、光的衍射：透射光栅衍射（双缝干涉：分波阵面干涉）

$N\uparrow$ 明锐

$$d\sin\theta = \pm k\lambda \qquad k = 0,1,2,\cdots$$

$N-1,\ \ N-2$

$$b\sin\theta = \pm k'\lambda \qquad k' = 1,2,\cdots \qquad \theta_0 = 1.22\frac{\lambda}{D}$$

$$\frac{d}{b} = \frac{k}{k'} \qquad d = b + b'$$

11-25 单缝的宽度b=0.40mm，以波长λ=589 nm的单色光垂直照射，设透镜的焦距f=1.0 m. 求：（**1**）第一级暗纹距中心的距离；（**2**）第二级明纹距中心的距离；（**3**）如单色光以入射角$i=30^o$斜射到单缝上，则上述结果有何变动.

解：（1）一级暗纹

$$b\sin\theta = \pm k\lambda \qquad k=1$$

$$\sin\theta = \frac{\lambda}{b} = \frac{589\times10^{-9}}{0.4\times10^{-3}} \approx 10^{-3}$$

$$x = f\tan\theta \approx f\sin\theta$$

$$= 1.0\times\frac{589\times10^{-9}}{0.4\times10^{-3}} = 1.47\times10^{-3}m$$

（2）二级明纹

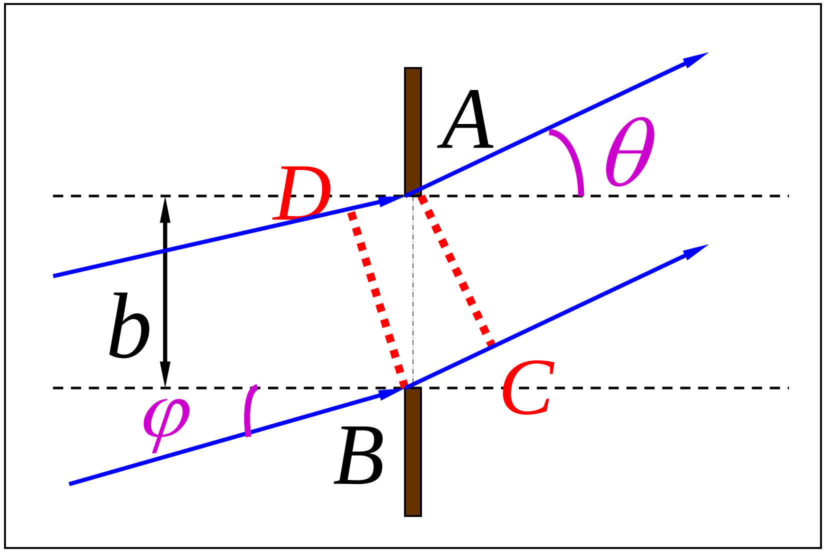
$$b\sin\theta = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2} \qquad k=2$$

$$\sin\theta = \frac{5\lambda}{2b} = \frac{5}{2}\times\frac{589\times10^{-9}}{0.4\times10^{-3}} \approx 10^{-3}$$

$$x = f\tan\theta \approx f\sin\theta$$

$$= 1.0\times\frac{5}{2}\times\frac{589\times10^{-9}}{0.4\times10^{-3}} = 3.68\times10^{-3}m$$

（3）入射光非垂直入射时光程差的计算



$$\Delta = BC - DA$$

$$= b(\sin\theta - \sin\varphi)$$

（中央明纹向上移动）

（**1′**）一级暗纹

$$b(\sin\theta - \sin i) = \pm k\lambda \qquad k = 1$$

$$\sin\theta_{\pm} = \sin i \pm \frac{\lambda}{b}$$

$$= 0.5 \pm \frac{589\times10^{-9}}{0.4\times10^{-3}} \approx 0.5 \pm 1.47\times10^{-3}$$

$$x = f\tan\theta$$

$$x_{+} = f\tan\theta_{+} = 0.580m$$
$$x_{-} = f\tan\theta_{-} = 0.575m$$

（2′）二级明纹

$$b(\sin\theta - \sin i) = \pm(2k+1)\frac{\lambda}{2} \qquad k = 2$$

$$\sin\theta_{\pm} = \sin i \pm \frac{5}{2}\frac{\lambda}{b}$$

$$= 0.5 \pm \frac{5}{2}\cdot\frac{589\times10^{-9}}{0.4\times10^{-3}} \approx 0.5 \pm 3.68\times10^{-3}$$

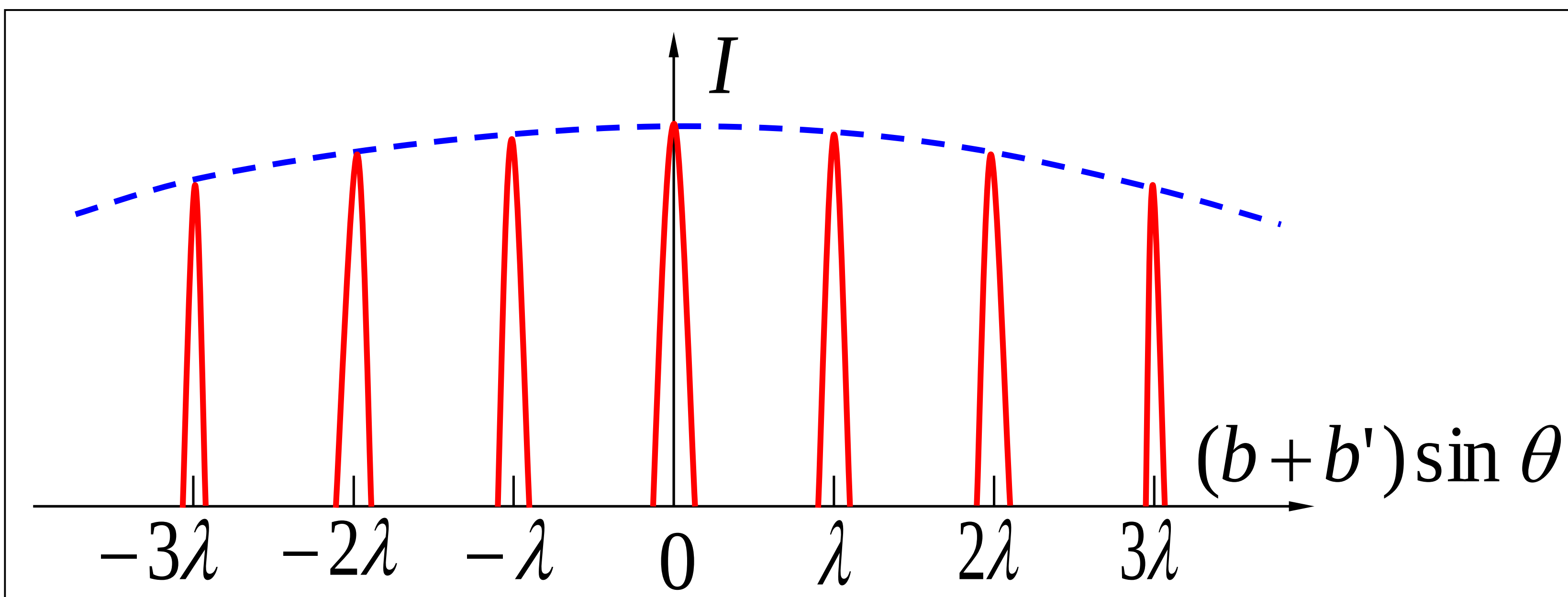
$$x = f\tan\theta$$

$$x_{+} = f\tan\theta_{+} = 0.583m$$
$$x_{-} = f\tan\theta_{-} = 0.572m$$

光强分布

$$\alpha=\frac{\pi b\sin\theta}{\lambda}\qquad\beta=\frac{\pi(b+b')\sin\theta}{\lambda}$$

$$I_\theta=I_{10}\underbrace{\left(\frac{\sin\alpha}{\alpha}\right)^2}_{\text{单缝衍射因子}}\underbrace{\left(\frac{\sin N\beta}{\sin\beta}\right)^2}_{\text{多缝干涉因子}}$$



光栅主要计算类型：

1、条纹位置（角位置、线位置）

注意： $tg\theta \neq \sin\theta \neq \theta$

2、谱线重叠求波长 $k_1\lambda_1 = k_2\lambda_2$

3、能见到的最大光谱级 $\theta \to \frac{\pi}{2}$

4、能见到的完整的光谱级（重叠、不重叠）

5、斜入射 $(b+'b)(\sin\theta \pm \sin\varphi) = k\lambda$

最高级次： $\max[\,|k|,|k'|\,]$

$\sin\theta = 1$ 对应 k

$\sin\theta = -1$ 对应 k'

3． $\lambda=600nm$单色光垂直入射光栅，已知第二级，第三级明纹分别位于 $\sin\theta_2=0.2$ 与 $\sin\theta_3=0.3$ 处，且第4级缺级，求

（1）光栅常数（$b+b'$）和缝宽b

（2）在屏上实际显示的全部级数为多少？

（3）若以 $i=30°$ 角倾斜入射光栅，在屏上显示的全部级数为多少

解（1）由光栅方程，有

$$(b+b')\sin\theta=k\lambda$$

已知 $(b+b')\sin\theta_2 = 2\lambda$

$(b+b')\sin\theta_3 = 3\lambda$

得 $b+b' = 6\times10^{-6}\,\mathrm{m}$

又因第4级缺级，则由 $k = \dfrac{b+b'}{b}k'$，得

$\dfrac{b+b'}{b} = \dfrac{4}{k'}$ $\quad b_{\min} = 1.5\times10^{-6}\,\mathrm{m}$

（2）设 $\theta = 90°$，则 $(b+b')\sin\theta = k\lambda$

可以见到 $2k+1=21$（k=10条），包括零级明纹，但是：由于有缺级，(±4,±8)，则可见到17条（实际15条）

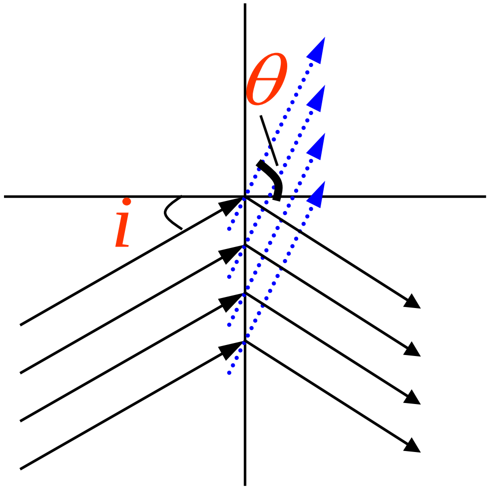
全部级次为0,±1,±2,±3, ±5, ±6, ±7, ±9

（3）此时屏上条纹不再对称，在一侧有

$$(b+b')\sin 30 + (b+b')\sin\theta = k\lambda$$

当 $\theta = 90°$ 时，$k = 15$

$\theta = -90°$ 时，$k = -5$



考虑到第4，8，12及-4为缺级以及实际效果，共观察到15条明纹，全部级数为 0, ±1, ±2, ±3, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14

三、光的偏振

1、吸收起偏

$$I_p = \frac{1}{2} I_n \qquad\qquad I_p = I_{p,0} \cos^2 \alpha$$

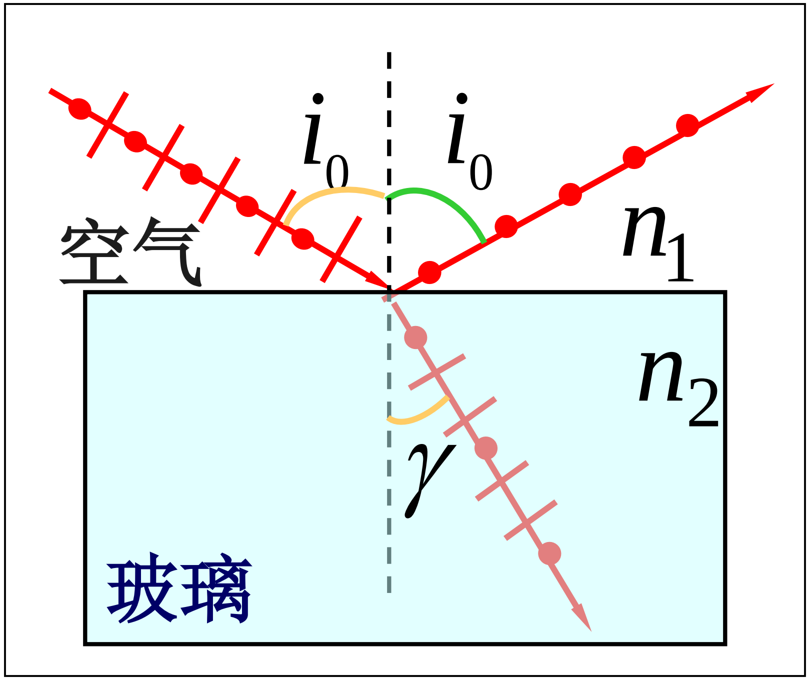
一束自然光垂直穿过两个平行放置的偏振片，测得透射光强为I。已知两个偏振片的偏振化方向成60°角，则入射自然光光强为____________。

6 一束光强为I_0的自然光垂直入射在三个叠在一起的偏振片P_1,P_2,P_3上,已知P_1与P_3的偏振化方向相互垂直.(1)求P_2与P_3的偏振化方向之间夹角为多大时,穿过第三个偏振片的透射光强为$I_0/8$;(2)若以入射光方向为轴转动P_2,当P_2转过多大角度时,穿过第三个偏振片的透射光强由原来的$I_0/8$单调减少到$I_0/16$?此时P_2,P_1的偏振化方向之间的夹角多大?

(2)布儒斯特定律

（1815年）

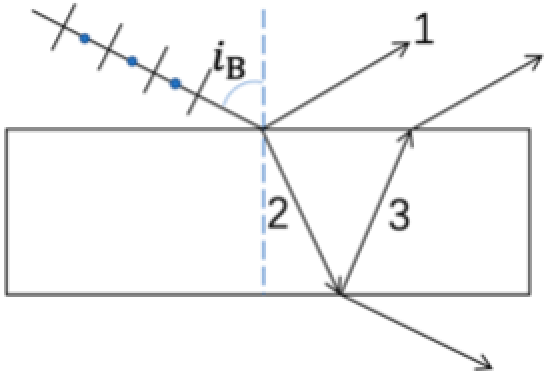
当 $\boxed{\tan i_0 = \dfrac{n_2}{n_1}}$ 时，



$$i_0 + r = 90^\circ$$

反射光为完全偏振光，且振动面垂直入射面，折射光为部分偏振光.

如图所示，一束自然光自空气射向一块平板玻璃，设入射角等于布儒斯特角i_B，则光线 3



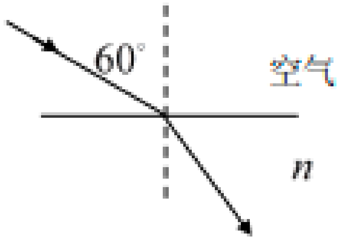
A、 是自然光

B、 是线偏振光且光矢量的振动方向垂直于入射面

C、 是线偏振光且光矢量的振动方向平行于入射面

D、 是部分偏振光

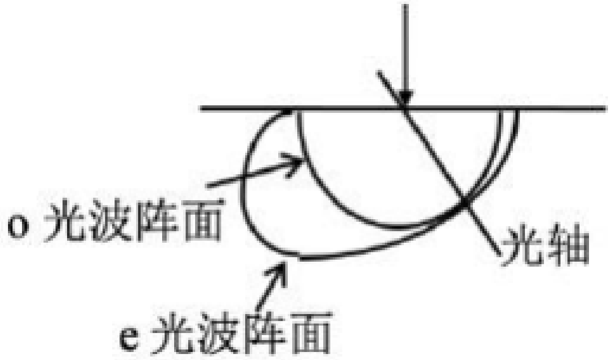
一束线偏振光以入射角 $i=60^{\circ}$ 从空气入射到一均匀介质膜的表面上时，观察发现只有折射光，没有反射光，由此可以判定入射线偏振光的光振动方向为____________________，该介质的折射率 n 为_______________。（已知空气的折射率为 1，计算结果保留三位有效数字）



（3）双折射

- 在光学各向异性晶体内部有一确定的方向，沿这一方向寻常光和非寻常光的____________相等，这一方向称为晶体的光轴，只具有一个光轴方向的晶体称为____________晶体。光轴和__________构成的平面称为主截面。

18、一束自然光垂直照射到一双折射晶体上，晶体的光轴如图所示。下列叙述正确的是



（3.0）

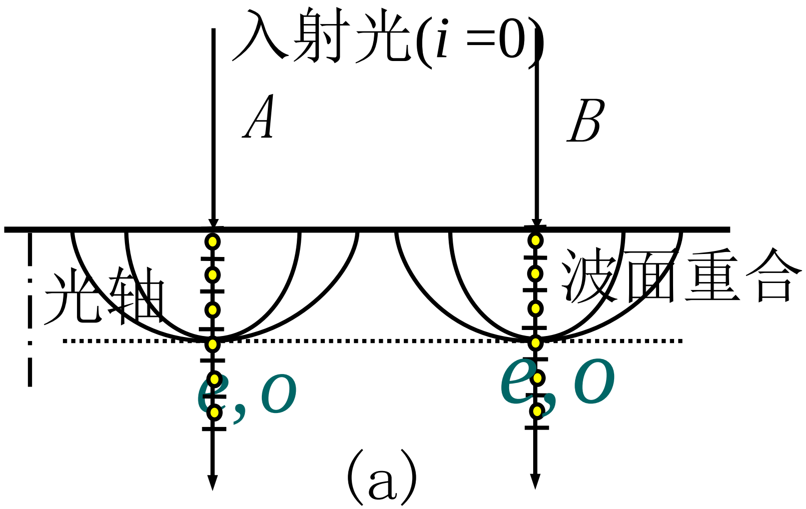
A、 o 光和 e 光将不分开

B、 主折射率$n_e > n_o$

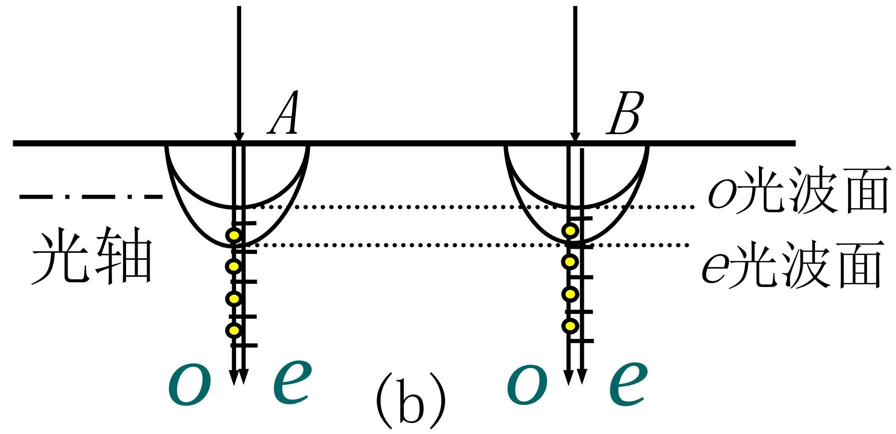
C、 e 光偏向左侧

D、 o 光为自然光

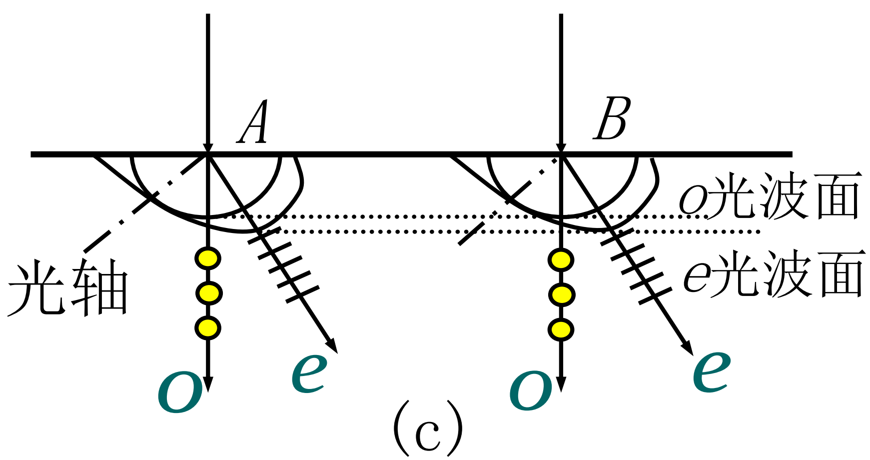
二 惠更斯原理对双折射现象的解释



图(a) i =0 无双折射

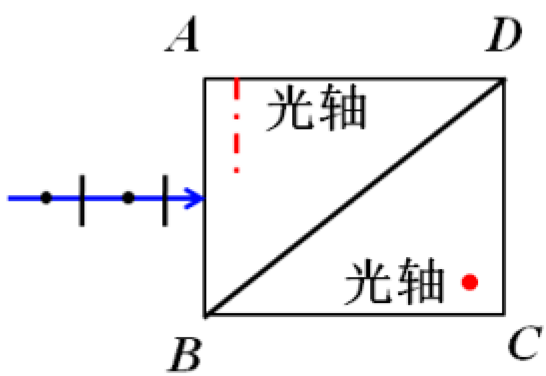


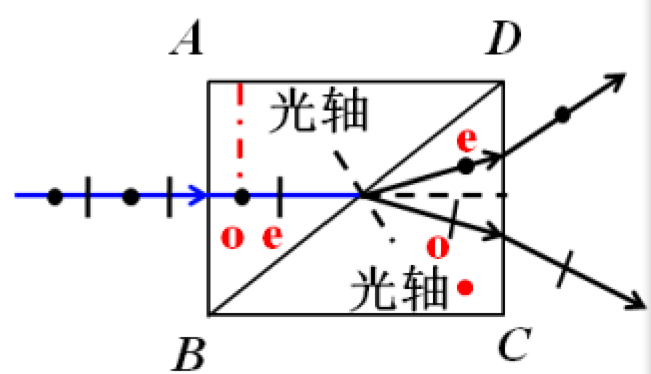
图(b) i =0 传播方向重合，但波阵面分开



图(c) i =0 有双折射

9. 中间用甘油粘合的两个直角方解石棱镜（$n_o>n_e$），它们的光轴相互垂直，自然光垂直于 AB 入射，在图中画出o光和e光的传播方向及光矢量振动方向。





一椭圆（圆）偏振光

光矢量绕着光的传播方向旋转，其旋转角速度对应光的角频率；对着光的传播方向看去, 光矢量端点的轨迹是一个椭圆(圆)。

椭圆（圆）偏振光

两个相互垂直、同频率、相位差确定的线偏振光的叠加

当 $\Delta\varphi \neq 0, \pi$ 时为椭圆偏振光；

当 $\Delta\varphi = \pm\dfrac{\pi}{2}$ ，且振幅相等时为圆偏振光。

9. 下列说法中正确的是 [　　]

(A) 线偏振光在垂直于光传播方向的平面内，光振动对称分布

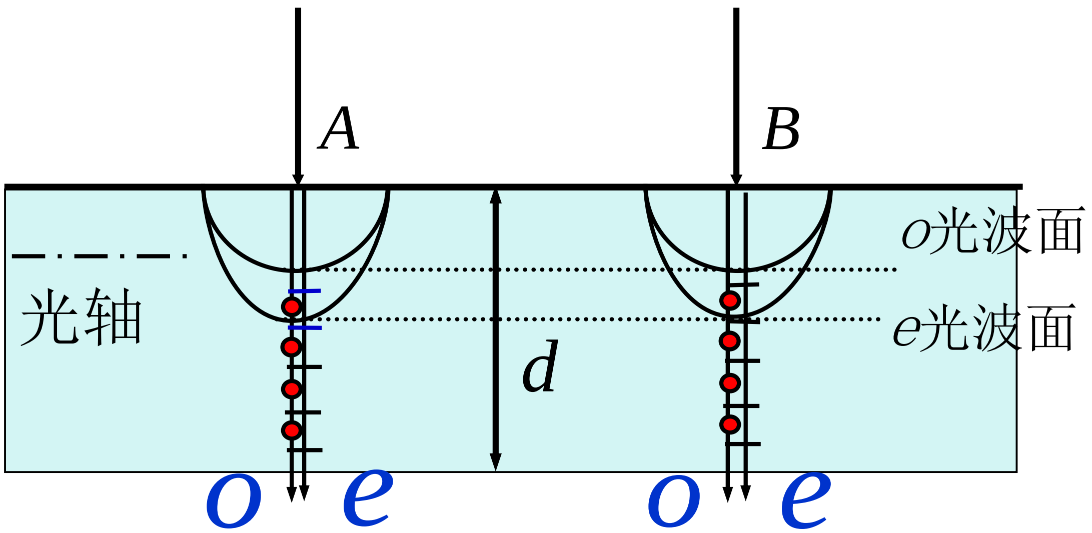
(B) 线偏振光只有沿光的传播方向的光振动

(C) 线偏振光可以分解为两个相互正交的线偏振光的叠加，两个线偏振光一定是同相位的

(D) 线偏振光可以分解为两个相互正交的、反相位的线偏振光

三 ¼波片和半波片

晶片是光轴平行表面的晶体薄片，也称为相位延迟片。



通过厚为d的晶片，o、e光产生光程差为 $d(n_0 - n_e)$

相位差为 $$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_0 - n_e)d$$

对指定λ而言

1 ¼波片

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)d = \frac{\pi}{2}$$

此时$d(n_o - n_e) = \frac{\lambda}{4}$ ⇨ $d = \frac{\lambda}{4(n_o - n_e)}$

2 半波片

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(n_o - n_e)d = \pi$$

此时$d(n_o - n_e) = \frac{\lambda}{2}$ ⇨ $d = \frac{\lambda}{2(n_o - n_e)}$

讨论：

- 自然光垂直入射晶片

  o光和e光的初位相在入射点是任意的，出射光仍然是自然光

气体动理论

$$p = nk_B T$$

$$\overline{\varepsilon_k} = (t + r + 2v)\frac{1}{2}kT = \frac{i}{2}kT$$

$$\bar{v} = \sqrt{\frac{8kT}{\pi m}} = \sqrt{\frac{8RT}{\pi M}}$$

*碰撞频率

$$\bar{Z} = n\sigma\bar{u} = \sqrt{2}n\sigma\bar{v}$$

$$\overline{v_x} \qquad \overline{v_x} = 0$$

$$\overline{\vec{v}} \qquad \overline{\vec{v}} = 0$$

$$< v_x^2 > = \overline{v_x^2} \qquad < v_x^2 > = \frac{kT}{m}$$

$$\frac{1}{2} m < v_x^2 > = \frac{1}{2} kT$$

$$\overline{v^2} \qquad \overline{v^2} = \frac{3kT}{m}$$

麦克斯维分布函数

$$F(\vec{v})d^3\vec{v} = (\frac{m}{2\pi kT})^{3/2} e^{-\frac{mv^2/2}{kT}} dv_x dv_y dv_z$$

$$f(v)dv = 4\pi(\frac{m}{2\pi kT})^{3/2} e^{-\frac{mv^2}{2kT}} v^2 dv$$

$$f(v)dv = Ce^{-\frac{mv^2/2}{kT}} 4\pi v^2 dv$$

$$f(\varepsilon)d\varepsilon = \frac{2}{\sqrt{\pi}}(kT)^{-\frac{3}{2}} \varepsilon^{\frac{1}{2}} e^{-\frac{\varepsilon}{kT}} d\varepsilon$$

Ex12-23 费米电子气的平均速率 $\bar{v} = \frac{3}{4} v_F$

热力学

系统：理想气体

状态：平衡态

过程

非/准静态过程

不/可逆过程

1、热力学第一定律

$$\boxed{\Delta E + W = Q}$$

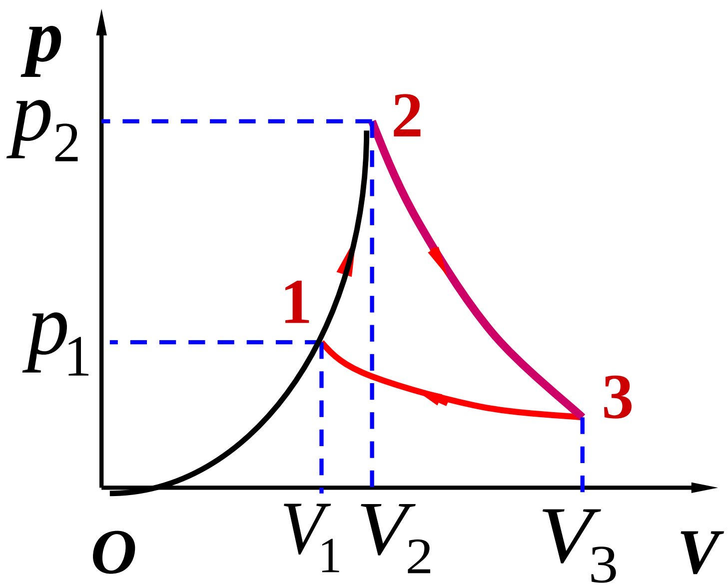
$$\Delta E(T) = \nu C_{V,m}(T_2 - T_1)$$ (状态量) 13-2

$$W = \int P dV$$ (过程量) 13-9

$$Q = \nu C_m(T_2 - T_1)$$(过程量) 13-1，16

一摩尔的氮气压强p_0体积V_0和经绝热压缩，压强变为原来的2倍，问气体分子平均速率变为原来的几倍？外界对系统做过多少？

Ex 摩尔数为ν、 绝热指数为γ的分子理想气体经过如图所示过程，其中1— 2 为多方过程（过程方程为 $p=CV^n$）、2— 3 为绝热过程、3— 1 为等温过程.已知 T_1, V_1，$V_3 = mV_1$.求：1）各过程的功、热量和内能变化；2）此循环热机效率.



解： 1-2

$$p = CV^n \qquad \frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2^{n+1}}{V_1^{n+1}}$$

2-3

$$pV^{\gamma} = C \qquad \frac{T_2}{T_1} = \frac{V_3^{\gamma-1}}{V_2^{\gamma-1}}$$

$$V_2 = m^{\frac{\gamma-1}{\gamma+n}} V_1 \qquad T_2 = m^{\frac{(\gamma-1)(n+1)}{\gamma+n}} T_1$$

1-2 $pV^{-n} = C$

$$C_{V,-n} = C_{V,m} \frac{\gamma-(-n)}{1-(-n)} = C_{V,m} \frac{\gamma+n}{1+n}$$

$$Q_H = \nu C_{V,m} \frac{\gamma+n}{1+n}(T_2 - T_1)$$

3-1

$$Q_L = \nu R T_1 \ln \frac{V_3}{V_1} = \nu R T_1 \ln m$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{\nu R T_1 \ln \frac{V_3}{V_1}}{\nu C_{V,m} \frac{\gamma + n}{1 + n} (T_2 - T_1)}$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_L}{Q_H} = 1 - \frac{(C_{p,m} - C_{V,m}) \ln m}{C_{V,m} \frac{\gamma + n}{1 + n} [m^{\frac{(\gamma - 1)(n+1)}{\gamma + n}} - 1]}$$

$$\eta = 1 - \frac{\alpha \ln m}{m^{\alpha} - 1} \qquad \alpha = \frac{(\gamma - 1)(n+1)}{\gamma + n}$$

2、热力学第二定律的两种表述

克劳修斯　“热量不能自动的从低温物体传向高温物体”

开尔文　“其唯一效果是热全部转变为功的过程是不可能的”

可逆过程和不可逆过程

热传导　功变热

根据热力学第二定律，可知下列说法中正确的有

(A) 功可以全部转换为热，但热不能全部转换为功

(B) 有规则运动的能量能够变为无规则运动的能量，但无规则运动的能量不能变为有规则运动的能量

(C) 热可以从高温物体传到低温物体，但不能从低温物体传到高温物体

(D) 气体能够自由膨胀，但不能自动收缩

(E) 不可逆过程就是不能向相反方向进行的过程

(F) 一切自发过程都是不可逆的

(G) 一切热机的效率都只能够小于1

理想气体向真空做绝热自由膨胀，则温度————，压强————，熵————。（填不变、增加、减少）

量子物理

I．辐射量子性：0、光子

1、黑体辐射：两个实验定律

2、光电效应：爱因斯坦方程

3、康普顿效应：两个守恒、位移

II．粒子波动性：

1、德布罗意波长 （波粒二象性）

2、波函数统计解释：概率密度、标准条件

3、不确定关系(测不准原理）

III、量子简介*

1、薛定谔方程*

2、一维势阱模型：波函数归一化、区间概率

IV、原子结构

1、氢原子玻尔模型：假设、能级、波谱

2、量子理论：四个量子数、电子组态

祝同学们：

考试顺利！

新年如意！